

**19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

**Patentschrift**  
**DE 100 48 911 C 1**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 B 7/02**  
 G 01 D 5/244  
 // G01B 101:33

21	Aktenzeichen:	100 48 911.7-42
22	Anmeldetag:	2. 10. 2000
43	Offenlegungstag:	-
45	Veröffentlichungstag der Patenterteilung:	25. 4. 2002

**DE 100 48 911 C 1**

**Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden**

⑦③ Patentinhaber:

Ruf Electronics GmbH, 85635  
Höhenkirchen-Siegertsbrunn, DE

⑦④ Vertreter:

von Bülow, T.,  
Dipl.-Ing.Dipl.-Wirtsch.-Ing.Dr.rer.pol., Pat.-Anw.,  
81545 München

⑦② Erfinder:

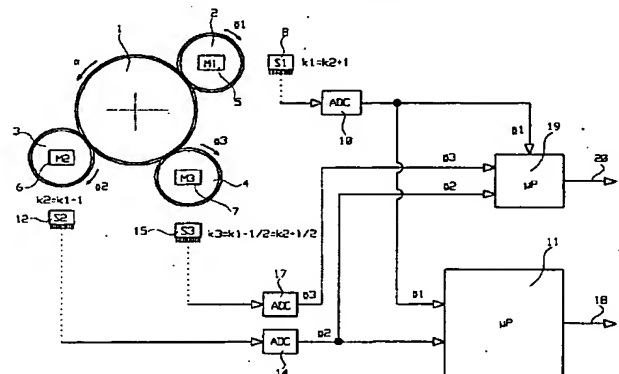
Schödlbauer, Dieter, Dr., 81825 München, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE	198 49 554 C1
DE	197 47 753 C1
DE	32 46 959 C3
DE	195 39 134 A1

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Absolutposition bei Weg- und Winkelgebern

57 Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Absolutposition mit zwei Sensoren, die im Meßbereich sägezahnförmige Ausgangssignale mit einer um eine "1" verschiedene Anzahl von Perioden erzeugen, verwenden einen dritten Sensor, der im Meßbereich ebenfalls ein sägezahnförmiges Ausgangssignal mit einer dritten Anzahl von Perioden ( $k_3$ ) erzeugt, wobei sich  $k_3$  von  $k_1$  und  $k_2$  je um den Absolutwert  $1/2$  unterscheidet. Bei Ausfall des ersten oder zweiten Sensors (2, 3) wird in analoger Weise ein Differenzsignal zwischen dem Ausgangssignal des verbleibenden funktionsfähigen Sensors (2 oder 3) und dem dritten Sensor (4) gebildet.



DE 100 48 911 C 1

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Bestimmung der Absolutposition bei Weg- und Winkelgebern gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie auf eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Verfahren und Vorrichtungen dieser Art sind aus der DE 32 46 959 C3 bekannt. Die dort beschriebene Meßvorrichtung verwendet zur Bestimmung der Absolutposition zwei mechanisch gekoppelte Einzelsensoren, von denen der erste im Meßbereich ein Ausgangssignal D1 mit einer ersten Anzahl  $n$  von Perioden und der zweite im selben Meßbereich ein Ausgangssignal D2 mit einer zweiten Anzahl  $n-1$  von Perioden erzeugt, wobei ein Differenzsignal zur Bildung eines monotonen, eindeutigen, absoluten Positionssignals erzeugt wird. Weiter wird dort ein dritter Sensor mit einer dritten Anzahl von Perioden verwendet, der eine dritte, von den beiden ersten und zweiten Periodenzahlen unterschiedliche Periodenzahl erzeugt.

[0003] Die DE 198 49 554 C1 beschreibt zwei mechanisch mit einer sich drehenden Welle gekoppelte Einzelsensoren, von denen der erste im Meßbereich ein Ausgangssignal  $\Phi 1$  mit einer ersten Anzahl  $k_1$  von Perioden und der zweite im selben Meßbereich ein Ausgangssignal  $\Phi 2$  mit einer zweiten Anzahl  $k_2$  von Perioden erzeugt, wobei sich die beiden Anzahlen von Perioden um eine Eins unterscheiden. Aus den beiden Signalen  $\Phi 1$  und  $\Phi 2$ , für die gilt  $0 \leq \Phi_1, \Phi_2 \leq 2\pi$ , wird ein Differenzsignal gebildet. Darauf wird überprüft, ob das Differenzsignal negativ ist und, ist dies der Fall, wird ein konstanter Wert ( $2\pi$ ) zu dem Differenzsignal zur Bildung eines korrigierten Differenzsignals hinzuaddiert. Das mit der Periodenzahl  $k_1$  multiplizierte und durch den Meßbereich  $2\pi$  dividierte korrigierte Differenzsignal wird auf die nächst niedrige Ganzzahl abgerundet und anschließend wird dieser Wert mit dem Meßbereich  $2\pi$  multipliziert, zur Bildung eines Periodennummernsignals. Das Ausgangssignal  $\Phi 1$  des einen Sensors wird zu diesem Periodennummernsignal addiert, zur Bildung eines feingenaues absoluten Ausgangssignal. Weiter wird ein Hilfssignal als Differenz zwischen dem feingenaues absoluten Ausgangssignal und dem korrigierten Differenzsignal multipliziert mit der Periodenzahl  $k_1$  des einen Sensors gebildet und überprüft, ob dieses Hilfssignal innerhalb vorbestimmter Grenzwerte ( $+\pi$ ) liegt. Für den Fall, daß das Hilfssignal außerhalb der Grenzwerte liegt, wird eine weitere Korrektur des korrigierten, feingenaues, absoluten Ausgangssignales durch Addition oder Subtraktion eines vorgegebenen Wertes ( $2\pi$ ) durchgeführt.

[0004] Kurz zusammengefaßt wird bei diesem Stand der Technik aus der Signaldifferenz der beiden Sensoren eine Periodennummer  $PNr$  gewonnen mit dem Wertebereich  $0 \leq PNr \leq k_1 - 1$ . Durch die Kombination der Periodennummer  $PNr$  mit dem periodischen Ausgangssignal eines Sensors erhält man ein im Meßbereich monotonen, eindeutiges und damit absolut gültiges Meßergebnis.

[0005] Bei Ausfall eines der beiden Sensormodule ist die Funktion des Systems nicht mehr gegeben, was bei sicherheitsrelevanten Anwendungen, wie z. B. Lenkwinkelsensoren bei Kraftfahrzeugen, problematisch ist.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es daher, Verfahren und Vorrichtung der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, daß auch bei Ausfall eines der Sensormodule noch eine ausreichend genaue Funktion erfüllt wird. Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0007] Das Grundprinzip der Erfindung besteht darin, einen dritten Sensor vorzusehen, der ebenfalls mechanisch mit den beiden anderen Sensoren gekoppelt ist und im Meßbereich eine Anzahl  $k_3$  Perioden hat, wobei  $k_3 = k_1 - 1/2 = k_2 + 1/2$  gilt. Mit dieser Wahl für die Periodenanzahl  $k_3$  wird erreicht, daß die Phasendifferenz zu den beiden anderen Sensoren für jede Position innerhalb des Meßbereiches betragsmäßig gleich ist. Im Falle eines Fehlers an einem der beiden ersten Sensoren wird auf das Ausgangssignal des dritten Sensors zurückgegriffen, wobei die zugehörige Periodennummer aus der Phasendifferenz zu dem verbliebenen funktionsfähigen Sensor analog zu dem in der DE 198 49 554 beschriebenen Verfahren ermittelt wird.

[0008] Mit der Erfindung bleibt das System auch bei Ausfall eines der beiden Hauptsensormodule funktionsfähig und gestattet zumindest einen Notbetrieb. Bei der Systemantwort macht es keinen Unterschied, ob der erste oder zweite Sensor ausgefallen ist. Während des Notbetriebes kann eine reduzierte Meßgenauigkeit zulässig sein. Der Notbetrieb kann erkannt werden, so daß das Sensorsystem bei passender Gelegenheit gewartet oder ausgetauscht werden kann.

[0009] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels im Zusammenhang mit der Zeichnung ausführlicher erläutert. Es zeigt:

[0010] Fig. 1 ein Prinzipschaltbild der Vorrichtung nach der Erfindung;

[0011] Fig. 2 ein Diagramm der Sensorausgangssignale aller drei Sensoren;

[0012] Fig. 3 ein Diagramm eines Differenzsignales des ersten und zweiten Sensors; und

[0013] Fig. 4 ein Diagramm eines Differenzsignales zwischen dem ersten und dem dritten Sensor.

[0014] In Fig. 1 ist eine Welle 1 zu erkennen, deren Drehposition gemessen werden soll. Die Welle ist mit drei Zahnrädern 2, 3, 4 gekoppelt, die hier je einen Magneten 5, 6, 7 tragen, der mit einem zugeordneten Sensor 8, 12, 15 zusammenarbeitet. Die Sensoren 8, 12, 15 erzeugen im Meßbereich je ein lineares Ausgangssignal, das sich im Meßbereich periodisch wiederholt. Der Meßbereich bezieht sich auf die Position der Welle 1, deren Drehwinkel  $\alpha$  gemessen werden soll. Ist die Welle 1 beispielsweise die Antriebswelle für die Lenkung eines Kraftfahrzeuges, so ist der Meßbereich von Anschlag zu Anschlag beispielsweise drei volle Umdrehungen der Welle 1. Selbstverständlich kann der Meßbereich auch auf andere beliebige Werte festgesetzt sein. Der Verwendete Typ der Sensoren 8, 12 und 15 ist beliebig. Beispielsweise kann ein Sensor gemäß der DE 195 39 134 A1 oder 197 47 753 C1 verwendet werden. Selbstverständlich können die Sensoren auch Wegsensoren bzw. Linearsensoren sein, die mechanisch miteinander gekoppelt sind. Auch lassen sich als Sensoren ohne weiteres herkömmliche Potentiometer verwenden oder, wie in Fig. 1 dargestellt, sog. AMR-Sensoren (Anisotrop-Magneto-Resistiv). Die Sensoren 2, 3 und 4 liefern an ihren Ausgängen ein periodisches, im wesentlichen sägezahnförmiges Signal  $\Phi 1$ ,  $\Phi 2$  bzw.  $\Phi 3$  als Funktion des Ortes (Winkel oder Weg). Mit Hilfe einer geeigneten Mechanik, wie z. B. der in Fig. 1 dargestellten Verzahnung, werden die Einzelsensoren 2, 3 und 4 mit unterschiedlicher Übersetzung angetrieben. Die Übersetzung ist so gewählt, daß im Meßbereich der Welle 1 der erste Sensor 2 eine Anzahl  $k_1$  von Perioden durchläuft. Der zweite Sensor 3, durchläuft eine Anzahl  $k_2$ , die sich von der Anzahl  $k_1$  um eine "1" unterscheidet, beispielsweise also  $k_2 = k_1 - 1$ . Für den ersten Sensor gilt dann:  $k_1 = k_2 + 1$ .

[0015] Der dritte Sensor 4 hat eine Anzahl Signalperioden  $k_3$ , die sich gegenüber  $k_1$  und  $k_2$  gerade um den Wert  $1/2$  unterscheidet.

[0016] Es gilt dann  $k_3 = k_1 - 1/2 = k_2 + 1/2$ . Die Perioden-

zahl  $k_3$  des dritten Sensors liegt also genau in der Mitte zwischen den Periodenzahlen  $k_1$  und  $k_2$  der beiden anderen Sensoren.

[0017] Die Ausgangssignale der drei Sensoren sind in Fig. 2 dargestellt. Der Meßbereich, der hier auf  $2\pi$  normiert ist, enthält acht Perioden des ersten Sensors, sieben Perioden des zweiten Sensors und 7,5 Perioden des dritten Sensors. [0018] Die Zahnräder 2, 3 und 4 bewegen hier Magnete 5, 6 und 7, die mit Sensor-IC's 8, 12, 15 zusammenarbeiten. Die jeweiligen Ausgangssignale werden über einen Analog-Digital-Wandler 10, 14, 17 in ein digitales Signal umgewandelt und einem Mikroprozessor 11 zugeführt, der die Auswertung durchführt und an seinem Ausgang 18 ein Absolutwertsignal ausgibt.

[0019] Die Auswertung der Sensorsignale erfolgt in bekannter Weise, wie in der DE 198 49 554 C1 beschrieben. [0020] Kurz zusammengefaßt wird in einem ersten Schritt ein Differenzsignal  $\Delta\Phi = \Phi_1 - \Phi_2$  gebildet, das in Fig. 3 dargestellt ist. Ist diese Differenz negativ, so wird ein korrigiertes Differenzsignal durch Addition eines konstanten Wertes (hier  $2\pi$ ) zu dem Differenzsignal gebildet. Das mit der Periodenzahl  $k_1$  multiplizierte und durch den Meßbereich  $2\pi$  dividierte korrigierte Differenzsignal wird auf die nächst niedrige Ganzzahl abgerundet und anschließend wird dieser Wert mit dem Meßbereich  $2\pi$  multipliziert, zur Bildung eines Periodennummernsignals. Das Ausgangssignal  $\Phi_1$  des einen Sensors wird zu diesem Periodennummernsignal addiert, zur Bildung eines feingenaues absoluten Ausgangssignal. Weiter wird ein Hilfssignal als Differenz zwischen dem feingenaues absoluten Ausgangssignal und dem korrigierten Differenzsignal multipliziert mit der Periodenzahl  $k_1$  des einen Sensors gebildet und überprüft, ob dieses Hilfssignal innerhalb vorbestimmter Grenzwerte ( $+\pi$ ) liegt. Für den Fall, daß das Hilfssignal außerhalb der Grenzwerte liegt, wird eine weitere Korrektur des korrigierten, feingenaues, absoluten Ausgangssignales durch Addition oder Subtraktion eines vorgegebenen Wertes ( $2\pi$ ) durchgeführt.

[0021] Bei Ausfall eines der Sensoren 2, 3 wird auf das Ausgangssignal  $\Phi_3$  des dritten Sensors 4 zurückgegriffen. Im Zusammenhang mit Fig. 4 sei angenommen, der zweite Sensor mit dem Signal  $\Phi_2$  sei ausgefallen. Es wird dann das Differenzsignal  $\Phi_1 - \Phi_3$  gebildet, das in Fig. 4 dargestellt ist. Da die Periodenzahl  $k_3$  so gewählt ist, daß sie sich im Meßbereich um den Wert  $1/2$  von  $k_1$  unterscheidet, erhält man bei dem hier gewählten Ausführungsbeispiel (Fig. 2) ein Differenzsignal mit halber Steigung gegenüber dem Differenzsignal der Fig. 3. Im normierten Meßbereich ( $2\pi$ ) erreicht das Differenzsignal daher nur den Wert  $\pi$  und nicht, wie bei  $\Phi_1 - \Phi_2$  den Wert von  $2\pi$  (vgl. Fig. 3). Ansonsten erfolgt die Auswertung in analoger Weise.

[0022] Dadurch, daß die Periodenzahl  $k_3$  des dritten Sensors 4 gerade zwischen  $k_1$  und  $k_2$  liegt, ist der Absolutwert der Differenz  $\Phi_1 - \Phi_3$  oder  $\Phi_2 - \Phi_3$  identisch, so daß es für die Fehlersicherheit keine Rolle spielt, ob der erste oder der zweite Sensor ausgefallen ist.

[0023] Selbstverständlich ist es mit der Erfindung auch möglich, während des normalen Betriebes das Signal  $\Phi_3$  des dritten Sensors auszuwerten, um damit die Funktionsfähigkeit des dritten Sensors und damit die Funktionsfähigkeit des Notlaufbetriebes zu überwachen.

[0024] Diese Überwachung kann in der Auswerteeinheit 11 erfolgen. Es kann aber auch eine zusätzliche Auswerteeinheit 19 in Form eines Mikroprozessors vorgesehen sein, der die digitalisierten Ausgangssignale  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$  und  $\Phi_3$  zugeführt werden und die in der oben beschriebenen Weise im Fehlerfall dann das gewünschte Meßsignal am Ausgang 20 ausgibt.

[0025] Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist der dritte Sensor für den Notlaufbetrieb vorgesehen. Generell ist es auch möglich, mehr als drei Sensoren zu verwenden, wobei jeder Sensor mit jedem anderen Sensor zusammenarbeiten kann. Dabei können auch je nach Sensorpaarung unterschiedliche Auswertelgorithmen zur Anwendung kommen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Absolutposition von zwei mechanisch gekoppelten Einzelsensoren, von denen der erste im Meßbereich ein Ausgangssignal  $\Phi_1$  mit einer ersten Anzahl  $k_1$  von Perioden und der zweite im selben Meßbereich ein Ausgangssignal  $\Phi_2$  mit einer zweiten Anzahl  $k_2$  von Perioden erzeugt, wobei sich die beiden Anzahlen ( $k_1$ ,  $k_2$ ) von Perioden um eine "1" unterscheiden und wobei ein Differenzsignal ( $\delta\Phi$ ) zur Bildung eines monotonen, eindeutigen, absoluten Positionssignales erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens ein dritter Sensor im selben Meßbereich ein Ausgangssignal  $\Phi_3$  mit einer dritten Anzahl  $k_3$  von Perioden erzeugt, die sich von der ersten ( $k_1$ ) und zweiten ( $k_2$ ) Anzahl um einen Wert von  $1/2$  unterscheidet und daß bei Ausfall des ersten oder zweiten Sensors in analoger Weise ein Differenzsignal ( $\Phi_1 - \Phi_3$  oder  $\Phi_2 - \Phi_3$ ) zwischen dem Ausgangssignal des verbliebenen funktionsfähigen Sensors und dem dritten Sensor gebildet wird, zur Bildung eines Positionssignales.
2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, mit zwei mechanisch gekoppelten Sensoren (2, 3), die im Meßbereich ein im wesentlichen lineares sägezahnförmiges Ausgangssignal ( $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ ) mit je einer Anzahl von Perioden ( $k_1$ ,  $k_2$ ) erzeugen, wobei sich die Periodenzahlen der beiden Sensoren um eine "1" unterscheiden und mit einer Auswerteschaltung (11), die aus einem Differenzsignal ( $\Phi_1 - \Phi_2$ ) ein monotonen, eindeutiges, absolutes Positionssignal an einen Ausgang (18) ausgibt, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens ein dritter Sensor (4) vorgesehen ist, der im Meßbereich ebenfalls ein im wesentlichen lineares, sägezahnförmiges Ausgangssignal mit einer dritten Anzahl von Perioden ( $k_3$ ) erzeugt, wobei sich die Periodenzahl ( $k_3$ ) des dritten Sensors von der des ersten und zweiten Sensors um den Wert  $1/2$  unterscheidet und wobei die Auswerteschaltung (11) bei Ausfall des ersten oder zweiten Sensors in analoger Weise aus einem Differenzsignal ( $\Phi_1 - \Phi_3$  oder  $\Phi_2 - \Phi_3$ ) zwischen dem Ausgangssignal des verbliebenen funktionsfähigen ersten oder zweiten Sensors und dem dritten Sensor zur Bildung eines Positionssignales auswertet.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine zusätzliche Auswerteeinheit (19) vorgesehen ist, der die Ausgangssignale ( $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$ ) der drei Sensoren (2, 3, 4) zugeführt werden und die in derselben Weise das Positionssignal erzeugt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

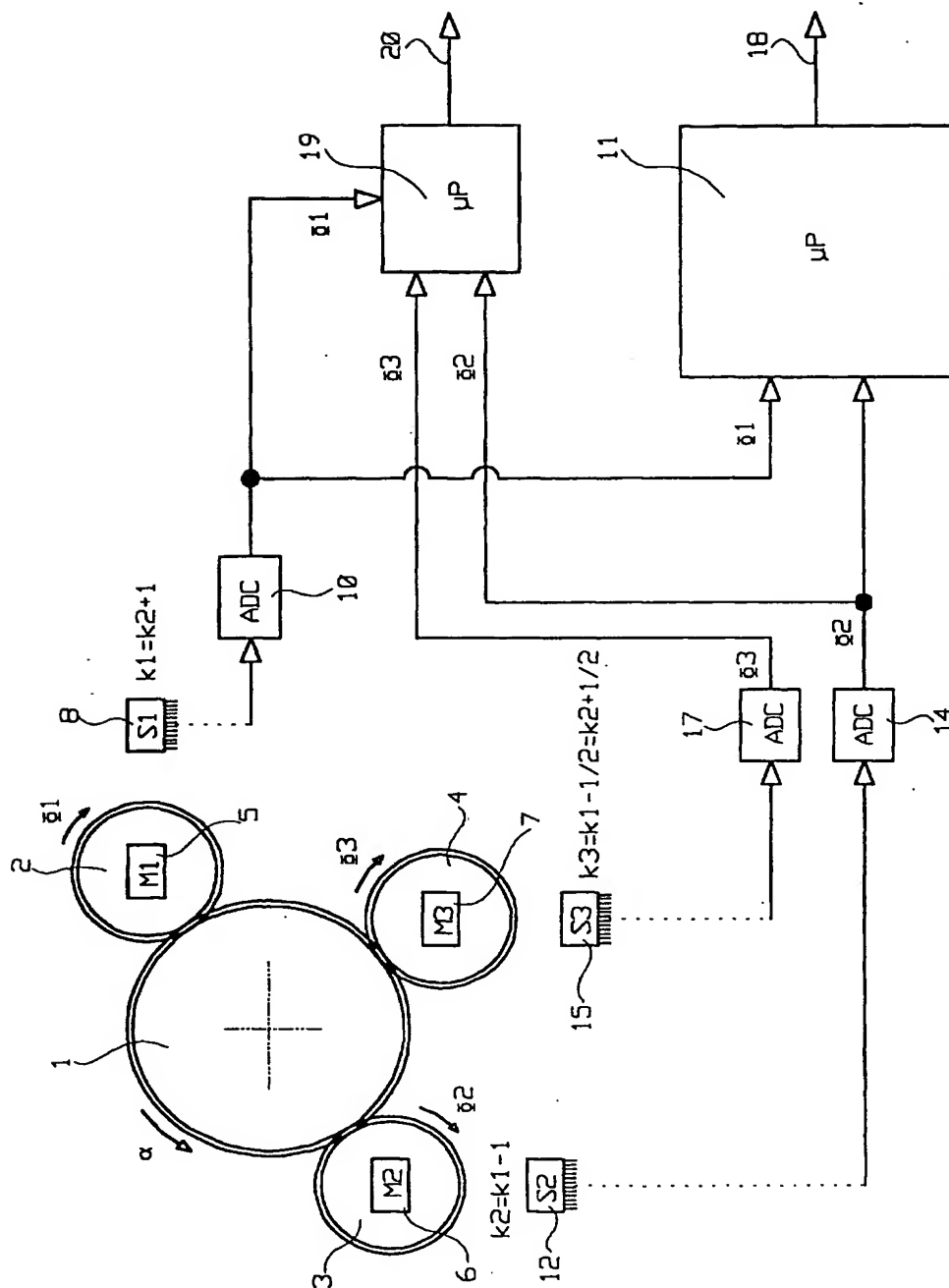
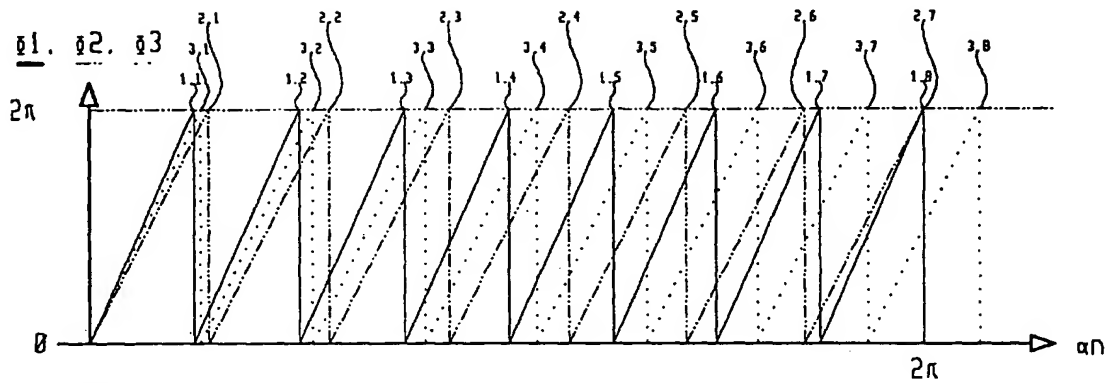


Fig. 1



$$\delta \varphi_1 = \varphi_1 - \varphi_2$$

Fig. 2

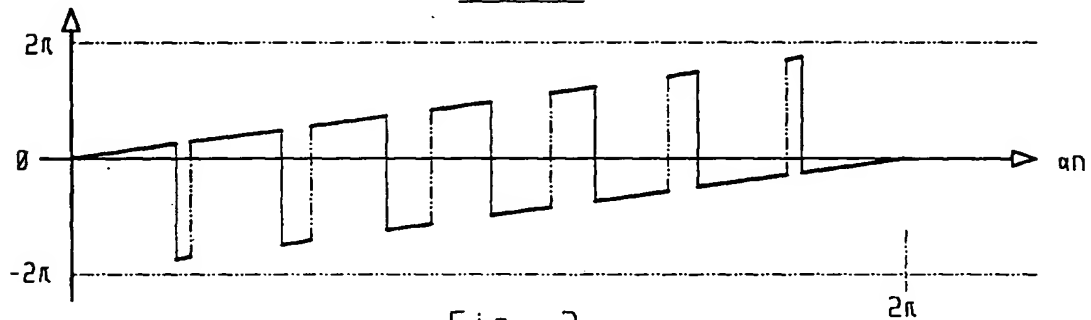


Fig. 3

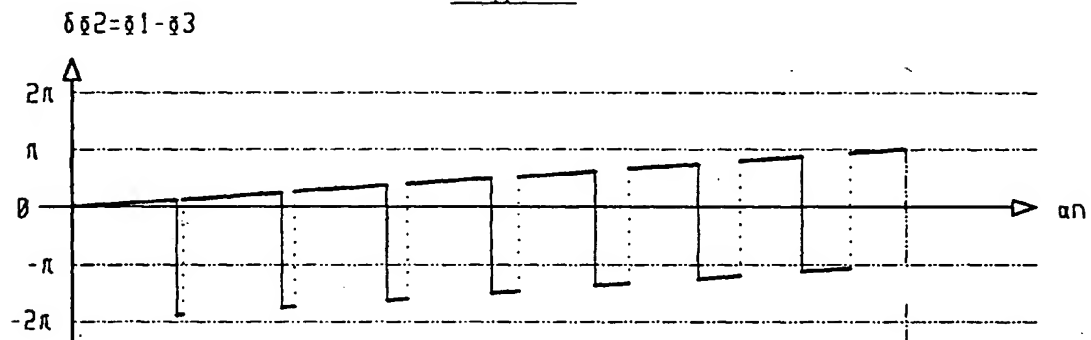


Fig. 4